

MEMORIAS DE ANALISIS Y DISEÑO ESTRUCTURAL

COLEGIO LA LEONA

CAJAMARCA- TOLIMA

**NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO
RESISTENTE**

NSR-10



DISEÑO DE CERCHAS EN MADERA

DISEÑÓ:

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andrea Carolina Chaparro Tarazona' with a stylized flourish at the end.

ANDREA CAROLINA CHAPARRO TARAZONA
INGENIERA CALCULISTA
MP 68202-230332 STD

MARZO DE 2019

PROYECTO: INSTITUCIÓN EDUCATIVA LA LEONA**1. MODELO DE LA CERCHA TIPO - AULAS**

Se realiza un modelo numérico de la cercha del sistema de cubierta en madera estructural en el software de cálculo estructural ETABS. La cercha es tipo sándwich, doble cercha, y cuenta con tres elementos principalmente; cordón superior, cordón inferior y diagonales internas. Madera MSD C 24 se ha seleccionado para estos tres elementos. Los cordones superiores (CS) son de dimensiones 2x10, cordones inferiores (CI) son 2x8, diagonales son de 2x4 y 2x6, y parales de 2x4. El modelo tridimensional de la cercha tipo para el sector de aulas se muestra a continuación:



Figura No 1-1 Modelo tridimensional en elementos finitos cercha tipo sector aulas.

El diseño de los elementos se realiza teniendo en cuenta la normativa chilena NCh 1990: 1986 y documentos técnicos de la sociedad española de construcción en madera CTE 03.

Los parámetros de los materiales a tener en cuenta en el diseño se muestran en la siguiente tabla.

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		MADERA MACIZA		MADERA LAMINADA			
		C18	C24	GL24h	GL24c	GL28h	GL28c
Resistencia a flexión	fm,g,k	18	24	24	24	28	28
Resistencia a tracción par. a la fibra	ft,0,g,k	11	12	16,5	14	19,5	16,5
Resist. a tracción perp. a la fibra	ft,90,g,k	0,5	0,5	0,4	0,35	0,45	0,4
Resistencia compresión par. a la fibra	ft,90,g,k	18	21	24	21	26,5	24
Perp. a la fibra	fc,0,g,k	2,2	2,5	2,7	2,4	3	2,7
Resistencia a cortante	fc,90,g,k	2,2	2,5	2,7	2,2	3,2	2,7
MODULO ELASTICIDAD							
Paralelo a la fibra medio	E0,g,medio	9000	11000	11600	11600	12600	12600
Paralelo a la fibra caract.	E0,g,k	6000	7400	9400	9400	10200	10200
Perpend. a la fibra medio	E90,g,medio	300	370	390	320	420	390
MODULO CORTANTE							
	Gg,medio	560	690	720	590	780	720
DENSIDAD CARACTERÍSTICA							
	pg,k	320	350	380	350	410	380

Valores característicos de resistencia y rigidez en N/mm² y densidad en kg/m³.

Fuente: RD RADISA: Diseño madera estructural

2. INFORMACIÓN GENERAL DE LAS CARGAS APLICADAS

En el diseño se considerarán:

- Carga Muerta: Peso propio de la cercha
- Carga Viva
- Carga Muerta Sobreimpuesta: Teja e instalaciones

2.1 CARGA MUERTA SOBREIMPUESTA DEBIDO AL PESO DE LA TEJA E INSTALACIONES

El peso teja que es transmitida a la cercha por medio de listones a los nodos. A continuación, se calcula el peso con respecto a las áreas aferentes a los nodos de las cerchas.

PESO TEJA PROMEDIO	12 Kg/m ²
PESO DE INSTALACIONES	10 Kg/m ²
PESO ENTABLADO EN MADERA (1cm espesor)	6 Kg/m ²

NODO	ÁREAS AFERENTES	CARGA CUBIERTA
NODO ESQUINERO	0.96 M ²	0.30 KN
NODO CENTRAL	1.92 M ²	0.40 KN

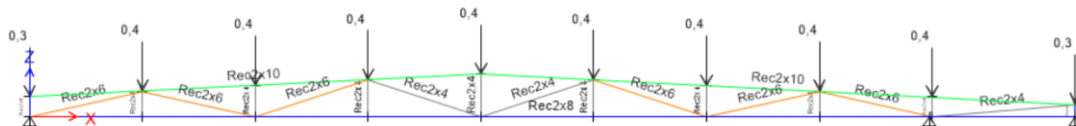


Figura No 1-2 Aplicación de carga muerta en los nodos, cercha tipo – aulas.

2.2 CARGA VIVA

Cubiertas inclinadas con pendiente menor a 15° se calculan con una carga viva de 0.5 KN/m²

PESO VIVA	50 Kg/m ²
-----------	----------------------

NODO	ÁREAS AFERENTES	CARGA CUBIERTA
NODO ESQUINERO	0.96 M ²	0.48 KN
NODO CENTRAL	1.92 M ²	0.96 KN

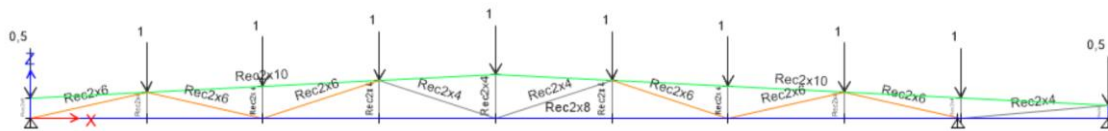


Figura No 1-3 Aplicación de carga viva en los nodos, cercha tipo – aulas.

2.3 FUERZAS DE VIENTO (PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO NSR-10)

Utilizando el título B de la Norma Sismo Resistente Colombiana de 2010 NSR-10, realizamos los cálculos referentes a las fuerzas de viento que afectan horizontalmente a la estructura usando el procedimiento simplificado o método 1. Los siguientes datos son necesarios para el cálculo de la presión de viento por unidad de área.

A.2.5	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1.1
B.6.5.6	CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	C
FIG B.6.4-2	FACTOR AJUSTE POR ALTURA Y EXPO	1.49
B.6.5.7.2	FACTOR TOPOGRÁFICO KZ	1
		28 m/s
FIG B.6.4-1	VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO (3)	100 Km/h
FIG B.6.4-2	PRESIÓN DEL VIENTO SIMPLIFICADA EXP B	0.29

$$p_s = K_{zt} * \lambda * I * P_{S10} \quad (\text{B.6.4-1})$$

$$p_s = (1) * 1.49 * 1.1 * 0.29 = 0.47531 \text{ KN/m}^2$$

Después se aplican en cada punto donde las correas se apoyan sobre la cercha, la carga equivalente a la ejercida por el viento (ya sea a presión o a tensión) que produce la desestabilización de la cubierta.

PRESIÓN EJERCIDA POR EL VIENTO 0.47531 KN/m²

NODO	ÁREAS AFERENTES	CARGA CUBIERTA
NODO ESQUINERO	0.96 m ²	0.48 KN
NODO CENTRAL	1.92 m ²	0.96 KN

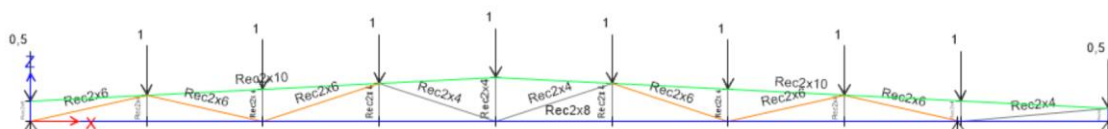


Figura No 1-4 Aplicación de cargas de viento en los nodos, cercha tipo – aulas.

2.4 COMBINACIONES DE CARGA

Para la evaluación del comportamiento estructural se tendrán en cuenta las siguientes combinaciones de carga, teniendo en cuenta los requerimientos de viento NSR-10 en el título B2.4.2 COMBINACIONES BÁSICAS:

- | | | | |
|----|-------------------------------|--------|--|
| 1. | $1.4 * D$ | Donde: | |
| 2. | $1.2 * D + 1.6 * L$ | | D = Carga Muerta |
| 3. | $1.2 * D + 1.6 * L + 0.8 * W$ | | L = Carga Viva |
| 4. | $1.2 * D + 1.0 * L + 1.6 * W$ | | W = Carga debido al efecto del viento |
| 5. | ENVOLVENTE | | |

3. COMPROBACIÓN DE DEFLEXIONES

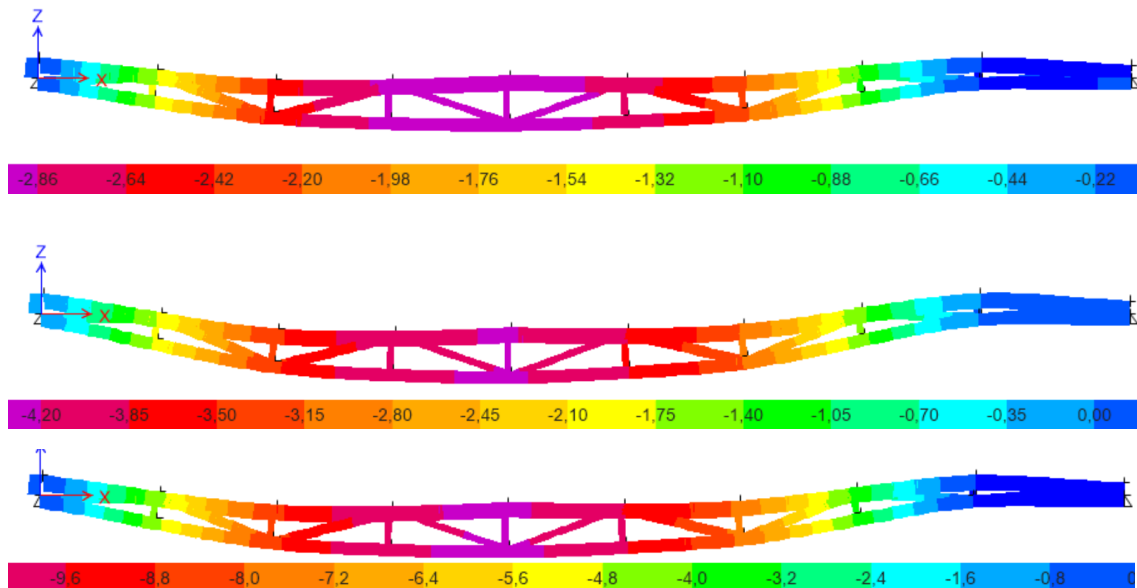


Figura No 1-5 Deflexiones Carga Muerta, Carga Sobreimpuesta y Carga Viva respectivamente. Max. 10.56 mm

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section
Base	B36	281	6880	Servicio 2	Ordinary Moment Frame	Rec2x8

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
15939.4	1	0.95

DEFLECTION DESIGN (Combo DStID2)

Type	Consider	Deflection m	Limit m	Ratio	Status
Dead Load	Yes	0,00569	0,13283	0,043	OK
Super DL + Live Load	Yes	0,03469	0,13283	0,261	OK
Live Load	Yes	0,03134	0,04428	0,708	OK
Total Load	Yes	0,03703	0,06641	0,558	OK
Total - Camber	Yes	0,03703	0,06641	0,558	OK

4. COMPROBACIÓN DE ESFUERZOS

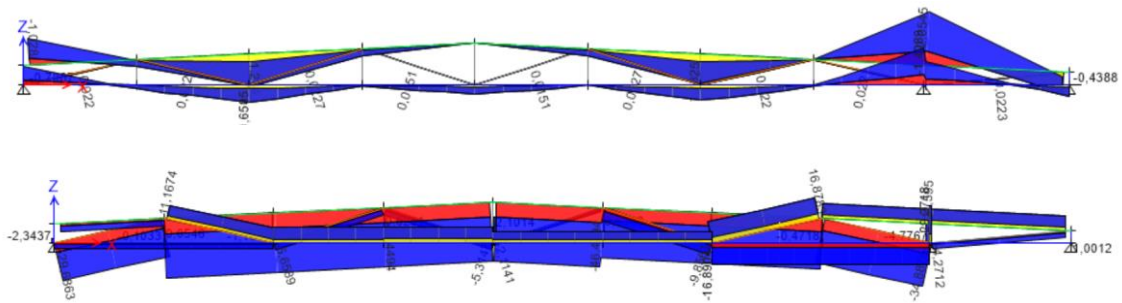


Figura No 1-6 Momento flector en CS y CI. Fuerza Axial en elementos. KN-m

La comprobación de esfuerzos se realiza en los elementos más críticos (con mayor sollicitación de carga) teniendo en cuenta la capacidad máxima de carga.

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section
Cubierta1	Diagonal	2	854.5	EnvolventeUlt	Ordinary Moment Frame	Rec2x6

Demand/Capacity Ratio

L (mm)	Stress Ratio Limit
1761.2	0.95

Analysis and Design Parameters

Analysis	2nd Order
Direct Analysis	General 2nd Order

Section Properties

A (m ²)	J (m ⁴)	I ₃₃ (m ⁴)	I ₂₂ (m ⁴)	A _{v3} (m ²)	A _{v2} (m ²)
0,0125	0,000019	0,000024	0,000007	0,0104	0,0104

Design Properties

S ₃₃ (m ³)	S ₂₂ (m ³)	Z ₃₃ (m ³)	Z ₂₂ (m ³)	r ₃₃ (m)	r ₂₂ (m)	C _w (m ⁶)
0,000317	0,000171	0,000476	0,000256	0,04399	0,02367	

Material Properties

E (kN/m ²)	f _y (kN/m ²)	R _y	α
7000000	24000	1	NA

Stress Check forces and Moments

Location (m)	P _u (kN)	M _{u33} (kN-m)	M _{u22} (kN-m)	V _{u2} (kN)	V _{u3} (kN)	T _u (kN-m)
0,8575	-34,8781	0,022	0	0	0	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0,974	1	1	1	1	1
Minor Bending	0,974	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{ltb}	K _{ltb}	C _b
0,974	1	1,316

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)

D/C Ratio =	$(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$
0,279 =	0,277 + 0,002 + 0

OK

Axial Force and Capacities

P _u Force (N)	φP _{nc} Capacity (N)	φP _{nt} Capacity (N)
33201.55	95468.75	169740

Moments and Capacities (Part 1 of 2)

	M _u Moment (kN-m)	φM _n (kN-m)	φM _n No LTB (kN-m)
Major Bending	0,022	10,2844	10,2844
Minor Bending	0	5,5336	

Moments and Capacities (Part 2 of 2)

φM _n C _b =1 (kN-m)
10,1711

Shear Design

	V _u Force (kN)	φV _n Capacity (kN)	Stress Ratio
Major Shear	0	134,9654	0
Minor Shear	0	134,9654	0

End Reaction Major Shear Forces

Left End Reaction (kN)	Load Combo	Right End Reaction (kN)	Load Combo
0,0513	DStIS44	0,0513	DStIS44

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section
Cubierta1	B7	27F	7348.6	Envolvente Ult	Ordinary Moment Frame	Rec2x10

Demand/Capacity Ratio

L (mm)	Stress Ratio Limit
9070.7	0.95

Analysis and Design Parameters

Analysis	2nd Order
Direct Analysis	General 2nd Order

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_e$	τ_b	EA factor	EI factor
0.102	5.053	1	0.8	0.8

Design Code Parameters

Φ_b	Φ_c	Φ_{TY}	Φ_{TF}	Φ_V	Φ_{V-RI}	Φ_{VT}
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1

Section Properties

A (mm ²)	J (mm ⁴)	I ₃₃ (mm ⁴)	I ₂₂ (mm ⁴)	A _{v3} (mm ²)	A _{v2} (mm ²)
18860	32789772.8	83141166.7	10567886.7	15716.7	15716.7

Design Properties

S ₃₃ (mm ³)	S ₂₂ (mm ³)	Z ₃₃ (mm ³)	Z ₂₂ (mm ³)	r ₃₃ (mm)	r ₂₂ (mm)	C _w (mm ⁶)
722966.7	257753.3	1084450	386630	66.4	23.7	

Material Properties

E (MPa)	f _y (MPa)	R _y	α
7000	24	1	NA

Location (mm)	P _u (N)	M _{u33} (N-mm)	M _{u22} (N-mm)	V _{u2} (N)	V _{u3} (N)	T _u (N-mm)
7348.6	-46354.93	511365.87	0	113.05	0	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1.3a,H1-1a)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0.23	1	1	1	1	1
Minor Bending	0.984	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{ltb}	K _{ltb}	C _b
0.984	1	1.207

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1.3a,H1-1a)

D/C Ratio =	$(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$
-------------	---

D/C Ratio =	$(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$
0.16 =	0.136 + 0.019 + 0

OK

Axial Force and Capacities

P_u Force (N)	ϕP_{nc} Capacity (N)	ϕP_{nt} Capacity (N)
46354.93	339480	339480

Moments and Capacities

	M_u Moment (N-mm)	ϕM_n (N-mm)	ϕM_n No LTB (N-mm)	ϕM_n Cb=1 (N-mm)
Major Bending	511365.87	23240753.51	23424120	19259586.19
Minor Bending	0	8351208		

Shear Design

	V_u Force (N)	ϕV_n Capacity (N)	Stress Ratio
Major Shear	113.05	203687.97	0.001
Minor Shear	0	203687.97	0

End Reaction Major Shear Forces

Left End Reaction (N)	Load Combo	Right End Reaction (N)	Load Combo
1327.69	EnvolventeUlt	244.77	EnvolventeUlt

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section	Classification
Base	B36	281	13720	EnvolventeUlt	Ordinary Moment Frame	Rec2x8	Compact

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
15939.4	1	0.95

Analysis and Design Parameters

Analysis	2nd Order
Direct Analysis	General 2nd Order

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_e$	τ_b	EA factor	EI factor
0.047	7.345	1	0.8	0.8

Design Code Parameters

Φ_b	Φ_c	Φ_{TY}	Φ_{TF}	Φ_V	Φ_{V-RI}	Φ_{VT}
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1

Section Properties

A (mm ²)	J (mm ⁴)	I_{33} (mm ⁴)	I_{22} (mm ⁴)	A_{v3} (mm ²)	A_{v2} (mm ²)
15170	24537009.2	43266104.2	8500256.7	12641.7	12641.7

Design Properties

S_{33} (mm ³)	S_{22} (mm ³)	Z_{33} (mm ³)	Z_{22} (mm ³)	r_{33} (mm)	r_{22} (mm)	C_w (mm ⁶)
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	---------------	---------------	--------------------------

S_{33} (mm ³)	S_{22} (mm ³)	Z_{33} (mm ³)	Z_{22} (mm ³)	r_{33} (mm)	r_{22} (mm)	C_w (mm ⁶)
467741.7	207323.3	701612.5	310985	53.4	23.7	

Material Properties

E (MPa)	f_y (MPa)	R_y	α
7000	24	1	NA

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P_u (N)	M_{u33} (N-mm)	M_{u22} (N-mm)	V_{u2} (N)	V_{u3} (N)	T_u (N-mm)
13720	-16976.49	-1494173.43	-429179.91	1022.61	148.68	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

	L Factor	K_1	K_2	B_1	B_2	C_m
Major Bending	1	1	1	1	1	1
Minor Bending	1	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L_{ltb}	K_{ltb}	C_b
1	1	1.865

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn. (H1-1a)

D/C Ratio =	$(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$
0.21 =	0.06 + 0.088 + 0.057

OK

Axial Force and Capacities

P_u Force (N)	ϕP_{nc} Capacity (N)	ϕP_{nt} Capacity (N)
16976.49	273060	273060

Moments and Capacities

	M_u Moment (N-mm)	ϕM_n (N-mm)	ϕM_n No LTB (N-mm)	$\phi M_n C_b=1$ (N-mm)
Major Bending	1494173.43	15154830	15154830	11194529.73
Minor Bending	429179.91	6717276		

Shear Design

	V_u Force (N)	ϕV_n Capacity (N)	Stress Ratio
Major Shear	1022.61	163835.98	0.006
Minor Shear	148.68	163835.98	0.001

5. REACCIONES EN LOS APOYOS

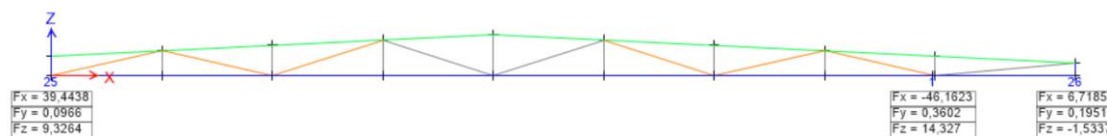


Figura No 1-7 Reacciones máximas en los apoyos (kN)

6. MODELO DE LA CERCHA TIPO - RESTAURANTE

Para la cercha del restaura se realiza el mismo proceso de análisis y diseño mediante la herramienta de cálculo estructural ETABS. La cercha es tipo sándwich, doble cercha, y cuenta con tres elementos principalmente; cordón superior, cordón inferior y diagonales internas. Madera MSD C 24 se ha seleccionado para estos tres elementos. Los cordones superiores (CS) son de dimensiones 2x8, cordones inferiores (CI) son 2x8, diagonales son de 2x4 y 2x6, y paraleles de 2x4.

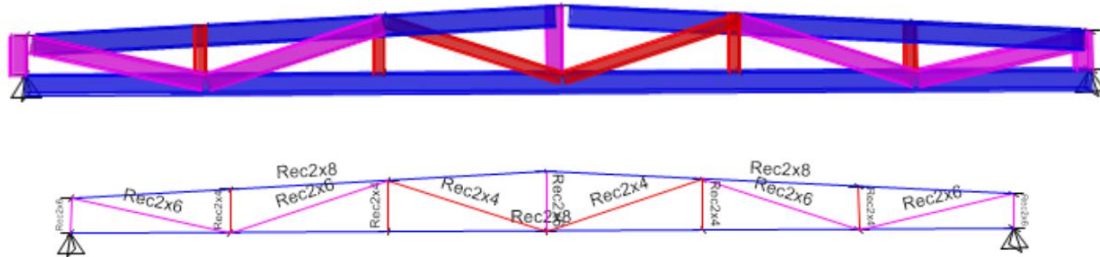


Figura No 1-8 Modelo tridimensional en elementos finitos cercha tipo sector aulas.

El diseño de los elementos se realiza teniendo en cuenta la normativa chilena NCh 1990: 1986 y documentos técnicos de la sociedad española de construcción en madera CTE 03.

Los parámetros de los materiales a tener en cuenta en el diseño se muestran en la siguiente tabla.

		MADERA MACIZA		MADERA LAMINADA			
CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS		C18	C24	GL24h	GL24c	GL28h	GL28c
Resistencia a flexión	fm,g,k	18	24	24	24	28	28
Resistencia a tracción par. a la fibra	ft,0,g,k	11	12	16,5	14	19,5	16,5
Resist. a tracción perp. a la fibra	ft,90,g,k	0,5	0,5	0,4	0,35	0,45	0,4
Resistencia compresión par. a la fibra	ft,90,g,k	18	21	24	21	26,5	24
Perp. a la fibra	fc,0,g,k	2,2	2,5	2,7	2,4	3	2,7
Resistencia a cortante	fc,90,g,k	2,2	2,5	2,7	2,2	3,2	2,7
MODULO ELASTICIDAD							
Paralelo a la fibra medio	E0,g,medio	9000	11000	11600	11600	12600	12600
Paralelo a la fibra caract.	E0,g,k	6000	7400	9400	9400	10200	10200
Perpend. a la fibra medio	E90,g,medio	300	370	390	320	420	390
MODULO CORTANTE							
	Gg,medio	560	690	720	590	780	720
DENSIDAD CARACTERÍSTICA							
	pg,k	320	350	380	350	410	380

Valores característicos de resistencia y rigidez en N/mm² y densidad en kg/m³.

Fuente: RD RADISA: Diseño madera estructural

7. INFORMACIÓN GENERAL DE LAS CARGAS APLICADAS

En el diseño se considerarán:

- Carga Muerta: Peso propio de la cercha
- Carga Viva
- Carga Muerta Sobreimpuesta: Teja e instalaciones

7.1 CARGA MUERTA SOBREIMPUESTA DEBIDO AL PESO DE LA TEJA E INSTALACIONES

El peso teja que es transmitida a la cercha por medio de listones a los nodos. A continuación, se calcula el peso con respecto a las áreas aferentes a los nodos de las cerchas.

PESO TEJA PROMEDIO	12 Kg/m ²
PESO DE INSTALACIONES	10 Kg/m ²
PESO ENTABLADO EN MADERA (1cm espesor)	6 Kg/m ²

NODO	ÁREAS AFERENTES	CARGA CUBIERTA
NODO ESQUINERO	0.96 M ²	0.30 KN
NODO CENTRAL	1.92 M ²	0.40 KN

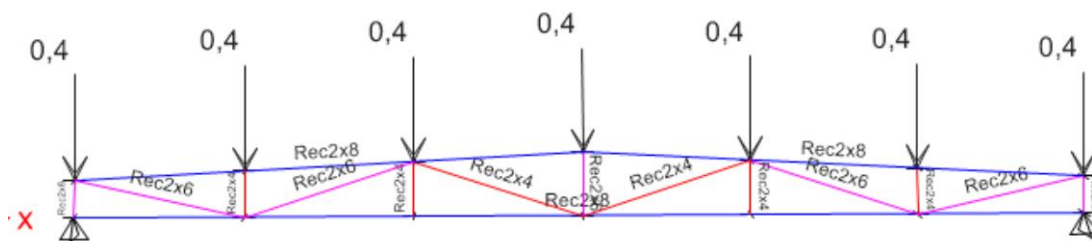


Figura No 1-9 Aplicación de carga muerta en los nodos, cercha tipo – Restaurante.

7.2 CARGA VIVA

Cubiertas inclinadas con pendiente menor a 15° se calculan con una carga viva de 0.5 KN/m²

PESO VIVA	50 Kg/m ²
-----------	----------------------

NODO	ÁREAS AFERENTES	CARGA CUBIERTA
NODO ESQUINERO	0.96 M ²	0.48 KN
NODO CENTRAL	1.92 M ²	0.96 KN

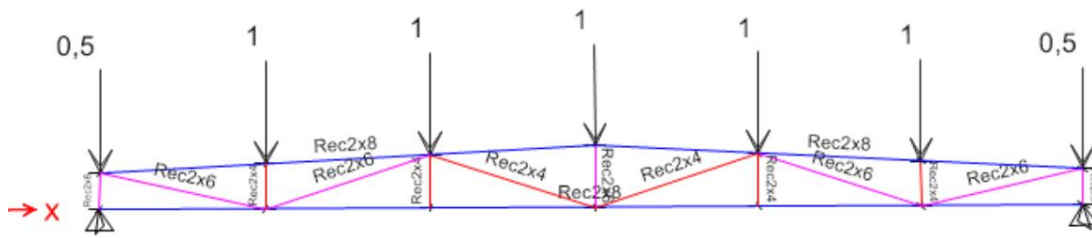


Figura No 1-10 Aplicación de carga viva en los nodos, cercha tipo – Restaurante.

7.3 FUERZAS DE VIENTO (PROCEDIMIENTO SIMPLIFICADO NSR-10)

Utilizando el título B de la Norma Sismo Resistente Colombiana de 2010 NSR-10, realizamos los cálculos referentes a las fuerzas de viento que afectan horizontalmente a la estructura usando el procedimiento simplificado o método 1. Los siguientes datos son necesarios para el cálculo de la presión de viento por unidad de área.

A.2.5	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA	1.1
B.6.5.6	CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	C
FIG B.6.4-2	FACTOR AJUSTE POR ALTURA Y EXPO	1.49
B.6.5.7.2	FACTOR TOPOGRÁFICO K _Z	1
FIG B.6.4-1	VELOCIDAD BÁSICA DEL VIENTO (3)	28 m/s
		100 Km/h
FIG B.6.4-2	PRESIÓN DEL VIENTO SIMPLIFICADA EXP B	0.29

$$p_s = K_{zt} * \lambda * I * P_{S10} \quad (\text{B.6.4-1})$$

$$p_s = (1) * 1.49 * 1.1 * 0.29 = 0.47531 \text{ KN/m}^2$$

Después se aplican en cada punto donde las correas se apoyan sobre la cercha, la carga equivalente a la ejercida por el viento (ya sea a presión o a tensión) que produce la desestabilización de la cubierta.

PRESIÓN EJERCIDA POR EL VIENTO 0.47531 KN/m²

NODO	ÁREAS AFERENTES	CARGA CUBIERTA
NODO ESQUINERO	0.96 m ²	0.48 KN
NODO CENTRAL	1.92 m ²	0.96 KN

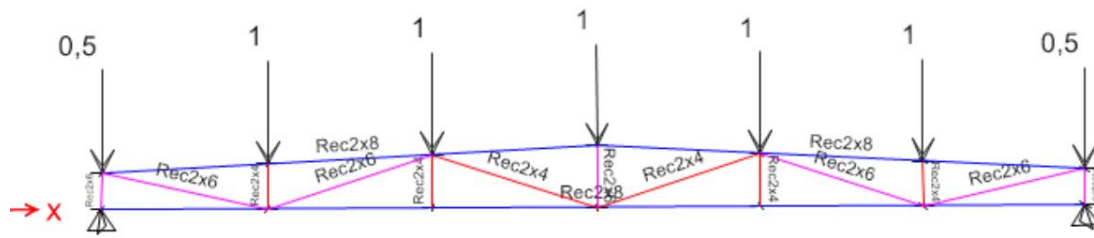


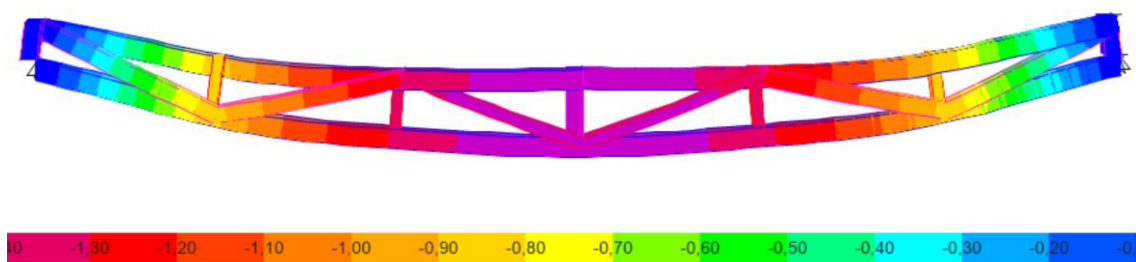
Figura No 1-11 Aplicación de cargas de viento en los nodos, cercha tipo – Restaurante.

7.4 COMBINACIONES DE CARGA

Para la evaluación del comportamiento estructural se tendrán en cuenta las siguientes combinaciones de carga, teniendo en cuenta los requerimientos de viento NSR-10 en el título B2.4.2 COMBINACIONES BÁSICAS:

- | | | |
|----|-------------------------------|--|
| 1. | $1.4 * D$ | Donde: |
| 2. | $1.2 * D + 1.6 * L$ | D = Carga Muerta |
| 3. | $1.2 * D + 1.6 * L + 0.8 * W$ | L = Carga Viva |
| 4. | $1.2 * D + 1.0 * L + 1.6 * W$ | W = Carga debido al efecto del viento |
| 5. | ENVOLVENTE | |

8. COMPROBACIÓN DE DEFLEXIONES



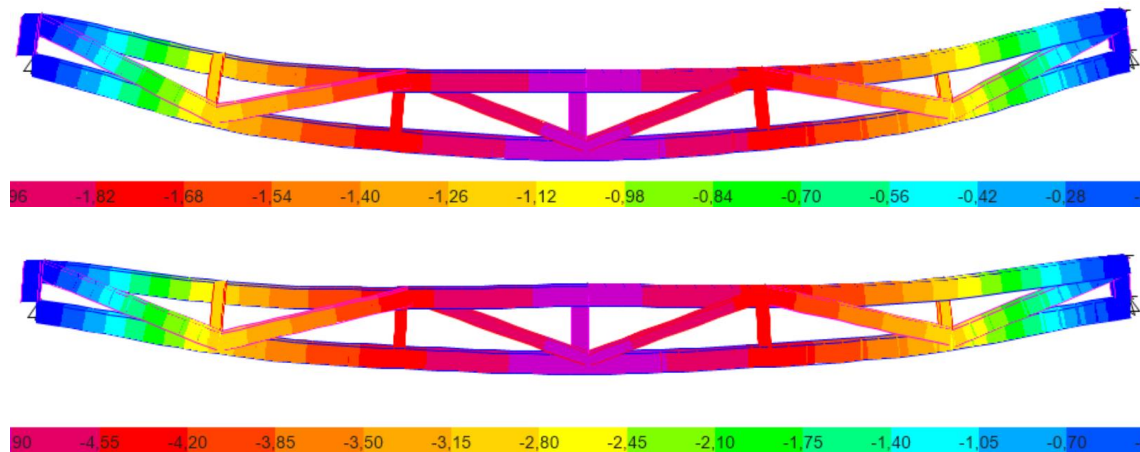


Figura No 1-12 Deflexiones Carga Muerta, Carga Sobreimpuesta y Carga Viva respectivamente. Max. 8.54 mm

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section
Base	B36	281	6880	Servicio 2	Ordinary Moment Frame	Rec2x8

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
15939.4	1	0.95

DEFLECTION DESIGN (Combo DS1D2)

Type	Consider	Deflection mm	Limit mm	Ratio	Status
Dead Load	Yes	6	132.8	0.045	OK
Super DL + Live Load	Yes	38.4	132.8	0.289	OK
Live Load	Yes	34.9	44.3	0.788	OK
Total Load	Yes	40.8	66.4	0.615	OK
Total - Camber	Yes	40.8	66.4	0.615	OK

9. COMPROBACIÓN DE ESFUERZOS

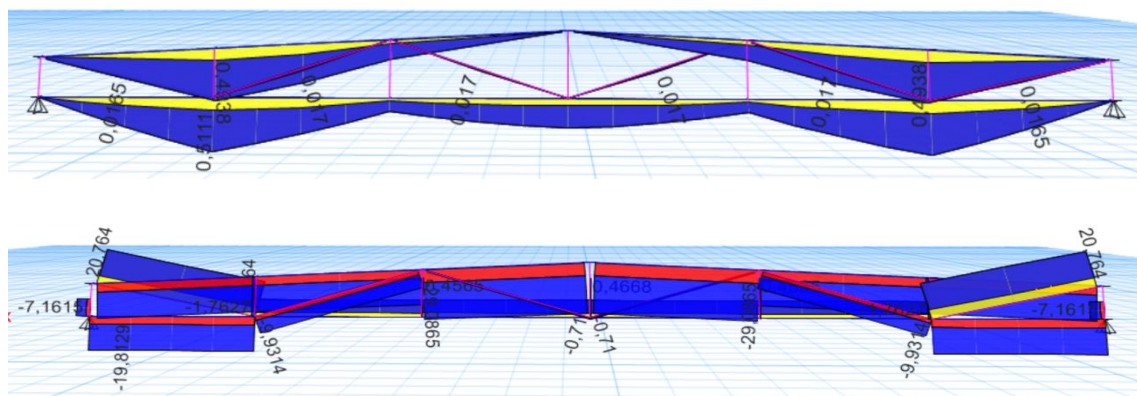


Figura No 1-13 Momento flector en CS y CI. Fuerza Axial en elementos. KN-m

La comprobación de esfuerzos se realiza en los elementos más críticos (con mayor solicitación de carga) teniendo en cuenta la capacidad máxima de carga.

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section
Cubierta1	Diagonal	2	854.5	EnvolventeUlt	Ordinary Moment Frame	Rec2x6

Demand/Capacity Ratio

L (mm)	Stress Ratio Limit
1761.2	0.95

Analysis and Design Parameters

Analysis	2nd Order
Direct Analysis	General 2nd Order

Section Properties

A (mm ²)	J (mm ⁴)	I ₃₃ (mm ⁴)	I ₂₂ (mm ⁴)	A _{v3} (mm ²)	A _{v2} (mm ²)
9430	11845746.6	10392645.8	5283943.3	7858.3	7858.3

Design Properties

S ₃₃ (mm ³)	S ₂₂ (mm ³)	Z ₃₃ (mm ³)	Z ₂₂ (mm ³)	r ₃₃ (mm)	r ₂₂ (mm)	C _w (mm ⁶)
180741.7	128876.7	271112.5	193315	33.2	23.7	

Material Properties

E (MPa)	f _y (MPa)	R _y	α
7000	24	1	NA

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P _u (N)	M _{u33} (N-mm)	M _{u22} (N-mm)	V _{u2} (N)	V _{u3} (N)	T _u (N-mm)
854.5	-33201.55	16472.91	0	0	0	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	0.97	1	1	1	1	1
Minor Bending	0.97	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{ltb}	K _{ltb}	C _b
0.97	1	1.316

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1a)

D/C Ratio =	$(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$
0.35 =	0.348 + 0.003 + 0

OK

Axial Force and Capacities

P _u Force (N)	φP _{nc} Capacity (N)	φP _{nt} Capacity (N)
33201.55	95468.75	169740

Moments and Capacities

	M_u Moment (N-mm)	ϕM_n (N-mm)	ϕM_n No LTB (N-mm)	ϕM_n $C_b=1$ (N-mm)
Major Bending	16472.91	5856030	5856030	5826918.21
Minor Bending	0	4175604		

Shear Design

	V_u Force (N)	ϕV_n Capacity (N)	Stress Ratio
Major Shear	0	101843.99	0
Minor Shear	0	101843.99	0

End Reaction Major Shear Forces

Left End Reaction (N)	Load Combo	Right End Reaction (N)	Load Combo
-----------------------	------------	------------------------	------------

Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (mm)	Combo	Element Type	Section	Classification
Base	B36	281	13720	EnvolventeUlt	Ordinary Moment Frame	Rec2x8	Compact

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (mm)	LLRF	Stress Ratio Limit
15939.4	1	0.95

Analysis and Design Parameters

Analysis	2nd Order
Direct Analysis	General 2nd Order

Stiffness Reduction Factors

$\alpha P_r / P_y$	$\alpha P_r / P_e$	τ_b	EA factor	EI factor
0.047	7.345	1	0.8	0.8

Design Code Parameters

Φ_b	Φ_c	Φ_{TY}	Φ_{TF}	Φ_V	Φ_{V-RI}	Φ_{VT}
0.9	0.9	0.9	0.75	0.9	1	1

Section Properties

A (mm ²)	J (mm ⁴)	I_{33} (mm ⁴)	I_{22} (mm ⁴)	A_{v3} (mm ²)	A_{v2} (mm ²)
15170	24537009.2	43266104.2	8500256.7	12641.7	12641.7

Design Properties

S_{33} (mm ³)	S_{22} (mm ³)	Z_{33} (mm ³)	Z_{22} (mm ³)	r_{33} (mm)	r_{22} (mm)	C_w (mm ⁶)
467741.7	207323.3	701612.5	310985	53.4	23.7	

Material Properties

E (MPa)	f_y (MPa)	R_y	α
7000	24	1	NA

Stress Check forces and Moments

Location (mm)	P_u (N)	M_{u33} (N-mm)	M_{u22} (N-mm)	V_{u2} (N)	V_{u3} (N)	T_u (N-mm)
---------------	-----------	------------------	------------------	--------------	--------------	--------------

Location (mm)	P _u (N)	M _{u33} (N-mm)	M _{u22} (N-mm)	V _{u2} (N)	V _{u3} (N)	T _u (N-mm)
13720	-16976.49	-1494173.43	-429179.91	1022.61	148.68	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1a)

	L Factor	K ₁	K ₂	B ₁	B ₂	C _m
Major Bending	1	1	1	1	1	1
Minor Bending	1	1	1	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L _{ltb}	K _{ltb}	C _b
1	1	1.865

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn. (H1-1a)

D/C Ratio =	$(P_r / P_c) + (8/9)(M_{r33} / M_{c33}) + (8/9)(M_{r22} / M_{c22})$
0.21 =	0.06 + 0.088 + 0.057

OK

Axial Force and Capacities

P _u Force (N)	φP _{nc} Capacity (N)	φP _{nt} Capacity (N)
16976.49	273060	273060

Moments and Capacities

	M _u Moment (N-mm)	φM _n (N-mm)	φM _n No LTB (N-mm)	φM _n C _b =1 (N-mm)
Major Bending	1494173.43	15154830	15154830	11194529.73
Minor Bending	429179.91	6717276		

Shear Design

	V _u Force (N)	φV _n Capacity (N)	Stress Ratio
Major Shear	1022.61	163835.98	0.006
Minor Shear	148.68	163835.98	0.001

10. REACCIONES EN LOS APOYOS

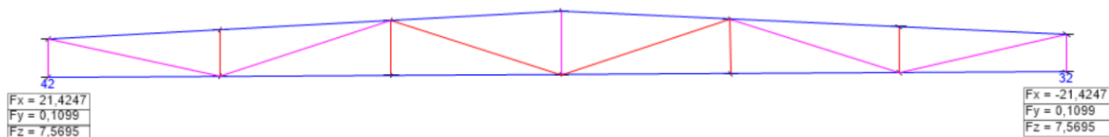


Figura No 1-14 Reacciones máximas en los apoyos cercha restaurante (kN)